

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

30.11.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 4 年 1 1 月 2 5 日
Date of Application:

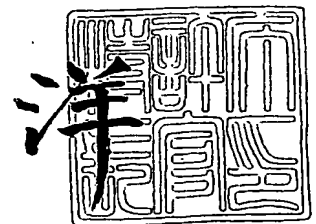
出 願 番 号 特 願 2 0 0 4 - 3 4 0 7 5 2
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 4 - 3 4 0 7 5 2]

出 願 人 松 下 電 器 産 業 株 式 会 社
Applicant(s):

2 0 0 5 年 1 月 1 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 1 2 2 7 4 0

【書類名】 特許願
【整理番号】 2018060093
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H01L 21/302
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市松葉町 2 番 7 号 パナソニックファクトリーソリュ
 ーションズ株式会社内
 【氏名】 廣島 満
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市松葉町 2 番 7 号 パナソニックファクトリーソリュ
 ーションズ株式会社内
 【氏名】 奥根 充弘
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市松葉町 2 番 7 号 パナソニックファクトリーソリュ
 ーションズ株式会社内
 【氏名】 三宅 清郎
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市松葉町 2 番 7 号 パナソニックファクトリーソリュ
 ーションズ株式会社内
 【氏名】 渡邊 彰三
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市松葉町 2 番 7 号 パナソニックファクトリーソリュ
 ーションズ株式会社内
 【氏名】 鈴木 宏之
【特許出願人】
 【識別番号】 000005821
 【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100109210
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 新居 広守
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 049515
 【納付金額】 16,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 0213583

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

処理室内において Si からなる被処理体をプラズマエッチングする方法であって、
フッ素化合物ガス及び希ガスを含むエッチングガスを前記処理室内に導入し、前記エッチングガスをプラズマ化して前記被処理体をエッチングすることを特徴とするプラズマエッチング方法。

【請求項 2】

前記フッ素化合物ガスは、 SF_6 ガスもしくは NF_3 ガスであり、
前記エッチングガスに 27 MHz 以上の周波数の電力を印加してプラズマ化することを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマエッチング方法。

【請求項 3】

前記希ガスは、He ガスであり、
前記処理室内に導入する He ガスの量は、前記エッチングガスの総流量に対して 80 % 以上である
ことを特徴とする請求項 2 に記載のプラズマエッチング方法。

【請求項 4】

前記処理室の内壁は、絶縁性材料から構成される
ことを特徴とする請求項 3 に記載のプラズマエッチング方法。

【請求項 5】

前記絶縁性材料は、石英、アルミナ、アルマイト加工されたアルミ母材、酸化イットリウムあるいはシリコンカーバイド、窒化アルミニウムである
ことを特徴とする請求項 4 に記載のプラズマエッチング方法。

【請求項 6】

前記エッチングガスを ICP 法によりプラズマ化する
ことを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマエッチング方法。

【請求項 7】

シリコン基板をエッチングする装置であって、
請求項 1 に記載のプラズマエッチング方法を用いて前記シリコン基板にトレンチを形成する
ことを特徴とするエッチング装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】プラズマエッチング方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、プラズマエッチング方法に関し、特にトレンチを良好に形成するプラズマエッチング方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、エレクトロニクス機器における小型化に伴って、それに付随する半導体デバイスも小型化が要求されてきている。従って、半導体デバイスの素子分離やメモリ・セル容量面積の確保を目的としてシリコン基板に形成されるトレンチ（溝）やビアホール（穴）には、例えば40以上の高アスペクト比（溝または穴の深さ／溝または穴の径）が要求される。そして、このような高アスペクト比のトレンチをシリコン基板に形成する方法として、エッチングガスをプラズマ化して生じた活性種（イオンやラジカル）によりシリコン基板のエッチングを行うプラズマエッチング方法がある。トレンチとビアホールのプラズマエッチングメカニズムは概ね同じであるので、以下ではトレンチに関して述べる。

【0003】

ところで、トレンチには高アスペクト比が要求されると共に、図6に示されるような側壁部の傾斜角を約90度（垂直）にすることが要求される。しかし、高アスペクト比のトレンチを実現しようとする場合、トレンチの形状制御が困難となるので、トレンチ形状に対する要求とアスペクト比に対する要求とを同時に満たすことができないという問題がある。すなわち、プラズマエッチング方法によるシリコン基板のエッチング工程においては、電氣的に中性なラジカルがシリコン基板表面に等方的に入射し、サイドエッチングを生じさせるので、特に高アスペクト比のトレンチにおいてはこれが顕著になり、トレンチ形状が所定の形状とならずに図7に示されるような形状となるのである。

【0004】

このような問題を解決する先行技術として、例えば特許文献1、2に記載のプラズマエッチング方法がある。

【0005】

以下、特許文献1、2に記載のプラズマエッチング方法によるシリコン基板のエッチングについて図8A～図8Cに沿って説明する。

【0006】

まず、図8Aに示されるように、パターン形成されたマスク300を用いて、エッチングガスをプラズマ化して生じた活性種によりシリコン基板310のエッチングを行う。このとき、イオンは負バイアスにより加速されてシリコン基板310表面に垂直に入射し、垂直方向にエッチングを進行させ、ラジカルはシリコン基板310表面に等方的に入射し、上端開口部のマスク300下にサイドエッチングを生じさせる。

【0007】

次に、図8Bに示されるように、エッチングに対する保護膜320を、トレンチ内のシリコン基板310表面に形成する。

【0008】

次に、図8Cに示されるように、再び活性種によりシリコン基板310のエッチングを行う。このとき、トレンチ側壁は保護膜320で覆われているため、ラジカルによる側面のエッチングは進行せず、垂直方向のエッチングと新たに現れたトレンチ側壁のエッチングが進行する。

【0009】

次に、図8Dに示されるように、上記図8A～図8Cの工程を繰り返す。

以上のように従来のプラズマエッチング方法によれば、エッチング工程を複数回に分けておこない、エッチングを進行させる前にはトレンチ側壁を保護膜で覆う。よって、エッチングの回数を増やすことで高アスペクト比のトレンチを形成することができ、トレンチ

側壁のエッチングの進行を抑えることができるので、トレンチ形状に対する要求とアスペクト比に対する要求とを同時に満たすことができる。

【特許文献1】特開昭60-50923号公報

【特許文献2】特開平7-503815号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、従来のプラズマエッチング方法では、エッチング工程と保護膜形成の工程とが繰り返しておこなわれるために、トレンチ側壁に凸凹が生じるという問題がある。

【0011】

そこで、本発明は、かかる問題点に鑑み、トレンチ形状に対する要求とアスペクト比に対する要求とを同時に満たすことができ、かつ、なめらかな形状の側壁を有するトレンチを形成できるプラズマエッチング方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記目的を達成するために、本発明のプラズマエッチング方法は、処理室内においてSiからなる被処理体をプラズマエッチングする方法であって、フッ素化合物ガス及び希ガスを含むエッチングガスを前記処理室内に導入し、前記エッチングガスをプラズマ化して前記被処理体をエッチングすることを特徴とする。ここで、前記エッチングガスをICP法によりプラズマ化してもよい。

【0013】

これらによって、トレンチ内部のガスが外部に追い出されるようなガス流を発生させ、トレンチ内部の反応生成物及び活性種の滞在時間を短くすることができるので、高アスペクト比のトレンチを形成する場合においても、トレンチにサイドエッチングが生じたり、トレンチが先細りしたりするのを抑制することができる。つまり、トレンチ形状に対する要求とアスペクト比に対する要求とを同時に満たすことができるプラズマエッチング方法を実現することができる。さらに、1回のエッチング工程によりシリコン基板にトレンチを形成することができるので、トレンチ側壁に凸凹が生じるのを防ぐ。つまり、なめらかな形状の側壁を有するトレンチを形成できるプラズマエッチング方法を実現することができる。

【0014】

また、前記フッ素化合物ガスは、 SF_6 ガスもしくは NF_3 ガスであり、前記エッチングガスに27MHz以上の周波数の電力を印加してプラズマ化してもよい。

【0015】

これによって、トレンチに対するサイドエッチングの進行を抑えることができるので、トレンチにサイドエッチングを生じさせず、所定形状のトレンチを形成できるプラズマエッチング方法を実現することができる。

【0016】

また、前記希ガスは、Heガスであり、前記処理室内に導入するHeガスの量は、前記エッチングガスの総流量に対して80%以上であってもよい。

【0017】

これによって、トレンチに対するサイドエッチングの進行をさらに抑えることができるので、所定形状のトレンチを形成できるプラズマエッチング方法を実現することができる。

。

【0018】

ここで、前記処理室の内壁は、絶縁性材料から構成されてもよい。また、前記絶縁性材料は、石英、アルミナ、アルマイト加工されたアルミ母材あるいは酸化イットリウムであってもよい。

【0019】

これによって、プラズマ密度を高く保ち、エッチングレートを高く維持し、トレンチに

対する側壁保護効果が低下するのを防ぐことができるので、トレンチにサイドエッチングを生じさせず、所定形状のトレンチを形成できるプラズマエッチング方法を実現することができる。

【発明の効果】

【0020】

本発明に係るプラズマエッチング方法によれば、高アスペクト比のトレンチを形成する場合においても、トレンチにサイドエッチングが生じたり、トレンチが先細りしたりするのを抑制することができ、トレンチ形状に対する要求とアスペクト比に対する要求とを同時に満たすことができる。また、なめらかな形状の側壁を有するトレンチを形成できる。さらに、トレンチにサイドエッチングを生じさせず、所定形状のトレンチを形成できる。

【0021】

よって、本発明により、トレンチ形状に対する要求とアスペクト比に対する要求とを同時に満たすことができ、かつ、なめらかな形状の側壁を有するトレンチを形成できるプラズマエッチング方法を提供することが可能となり、実用的価値は極めて高い。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

以下、本発明の実施の形態におけるプラズマエッチング装置について、図面を参照しながら説明する。

【0023】

(第1の実施の形態)

図1は、第1の実施の形態のプラズマエッチング装置の構成を示す図である。

【0024】

プラズマエッチング装置は、例えばICP (Inductively Coupled Plasma) 型エッチング装置であって、真空のエッチングチャンバー100と、エッチングチャンバー100内の上部電極110及び下部電極120と、高周波電源130a、130bと、ガス導入口140と、排気口150とを備える。

【0025】

エッチングチャンバー100は、エッチングがおこなわれる処理室であり、内壁が例えば石英、アルミナ、アルマイト加工されたアルミ母材あるいは酸化イットリウム等の絶縁性材料からなる。

【0026】

高周波電源130a、130bは、例えば13.56MHzの高周波電力を供給する。
ガス導入口140は、エッチングチャンバー100にガスを供給する。

【0027】

排気口150は、エッチングチャンバー100内のガスを排気する。
次に、トランジスタ等の半導体装置の製造における1工程としての上記プラズマエッチング装置を用いたシリコン基板のトレンチ加工について、以下で順に説明する。

【0028】

まず、下部電極120上にシリコン基板を載置し、エッチングチャンバー100内を一定の圧力に保ちながら、ガス導入口140を介してエッチングガスを供給し、排気口150から排気する。ここで、エッチングガスは、フッ素化合物ガス、例えばSF₆ガスを主成分とし、これに添加ガス、例えばO₂ガス及び希ガス、例えばHeガス等を添加した混合ガスである。また、He量は、少ないとSF₆ガス及びO₂ガスのエッチングガス中での占める割合が大きくなってトレンチにサイドエッチングを生じたり、トレンチが先細りしたりし、また、多いとSF₆ガス及びO₂ガスのエッチングガス中での占める割合が小さくなってエッチングが進まないもので、総流量に対して30%以上となるように調節する。なお、添加ガスはCOやCO₂などの炭素化合物であってもよく、また希ガスは、Arガス、Xeガス、Neガス、Krガスであってもよい。

【0029】

次に、高周波電源130a、130bから上部電極110及び下部電極120にそれぞれ

れ高周波電力を供給して、エッチングガスをプラズマ化させる。 F^+ イオン、Fラジカル等のプラズマ中の活性種は、シリコン基板のシリコンと反応して、 SiF_4 、 SiO_2 等の反応生成物を生成し、シリコン基板をエッチングしてトレンチを形成する。このとき、エッチング対象がシリコン基板であることを考慮して、下部電極120に印加するRFパワーは、低く例えば約50Wに設定する。

【0030】

以上のように本実施の形態のプラズマエッチング装置によれば、Heガスを含むエッチングガスを用いてシリコン基板にトレンチを形成する。よって、図2に示されるように、トレンチ内部のガスが外部に追い出されるようなガス流を発生させ、トレンチ内部の反応生成物及び活性種の滞在時間を短くすることができるので、本実施の形態のプラズマエッチング装置は、例えば40以上の高アスペクト比のトレンチを形成する場合においても、トレンチにサイドエッチングが生じたり、トレンチが先細りしたりするのを抑制することができる。つまり、トレンチ形状に対する要求とアスペクト比に対する要求とを同時に満たすことができるプラズマエッチング装置を実現することができる。

【0031】

また、本実施の形態のプラズマエッチング装置によれば、1回のエッチング工程によりシリコン基板にトレンチを形成する。よって、トレンチ側壁に凸凹が生じるのを防ぐことができるので、本実施の形態のプラズマエッチング装置は、なめらかな形状の側壁を有するトレンチを形成できるプラズマエッチング装置を実現することができる。

【0032】

また、本実施の形態のプラズマエッチング装置によれば、 O_2 ガスを含むエッチングガスを用いてシリコン基板をエッチングする。よって、トレンチに対する側壁保護効果を高めることができるので、本実施の形態のプラズマエッチング装置は、トレンチにサイドエッチングを生じさせず、所定形状のトレンチを形成できるプラズマエッチング装置を実現することができる。

【0033】

また、本実施の形態のプラズマエッチング装置によれば、エッチングチャンバー100の内壁が絶縁性材料から構成される。よって、図3Aに示されるように放電により生じた電子のエッチングチャンバー壁600への衝突によりプラズマ610の密度が低くならず、図3Bに示されるようにプラズマ610の密度を高く保ち、エッチングレートを高く維持し、トレンチに対する側壁保護効果の低下を防止することができるので、本実施の形態のプラズマエッチング装置は、トレンチにサイドエッチングを生じさせず、所定形状のトレンチを形成できるプラズマエッチング装置を実現することができる。

【0034】

なお、本実施の形態のプラズマエッチング装置において、エッチングガスは、 SF_6 ガスを主成分とし、これに O_2 ガス及び希ガスを添加した混合ガスであるとした。しかし、エッチングガスには、さらに塩素(Cl_2)ガスが例えば総流量の10%以下、例えば約10%添加されていてもよい。これによって、トレンチ側壁保護効果が強すぎた場合に、トレンチの底まで保護する作用が働き、部分的にエッチングが阻害されて生じるトレンチの底の残渣を低減することができる。

【0035】

また、本実施の形態のプラズマエッチング装置において、エッチングガスは、 SF_6 ガスを主成分とするとしたが、 NF_3 ガスを主成分としてもよい。

【0036】

(第2の実施の形態)

上記第1の実施の形態のプラズマエッチング装置において、エッチングガスとして SF_6 ガス、 O_2 ガス及び希ガスを含む混合ガスを用い、その混合ガスに例えば13.57MHzの高周波数の電力を印加するとした。しかし、エッチングガスとして O_2 ガスを含まない混合ガス、つまり SF_6 ガス等のフッ素化合物ガス及び希ガスを含む混合ガスを用い、その混合ガスに27MHz以上の高周波数の電力を印加しても同様の効果が得られる。

【0037】

そこで、第2の実施の形態のプラズマエッチング装置において、エッチングガスとして SF_6 ガス等のフッ素化合物ガス及び希ガスを含む混合ガスを用い、その混合ガスに 27MHz 以上の高周波数の電力を印加した。以下、第1の実施の形態と異なる点を中心に説明する。

【0038】

図4は、第2の実施の形態のプラズマエッチング装置の構成を示す図である。

プラズマエッチング装置は、第1の実施の形態のプラズマエッチング装置とは異なる高周波電源を有し、エッチングチャンバー100と、上部電極110及び下部電極120と、高周波電源730a、730bと、ガス導入口140と、排気口150とを備える。

【0039】

高周波電源730a、730bは、27MHz 以上の高周波電力、例えば消費電力の少ない 27MHz の高周波電力を供給する。

【0040】

次に、上記プラズマエッチング装置を用いたシリコン基板のトレンチ加工について、以下で順に説明する。

【0041】

まず、下部電極120上にシリコン基板を載置し、エッチングチャンバー100内を一定の圧力に保ちながら、ガス導入口140を介してエッチングガスを供給し、排気口150から排気する。ここで、エッチングガスは、 SF_6 ガス等のフッ素化合物ガスを主成分とし、希ガス、例えばHeガス等のガスを添加した混合ガスである。また、トレンチに対するサイドエッチングの進行の度合い、つまりアンダーカット（図7の1000）の大きさは、He量に対して図5に示されるような変化を示す。すなわち、He量が80%より小さくなるとサイドエッチングの進行度合いが大きくなる。よって、He量は、総流量に対して80%以上となるように調節する。なお、希ガスは、Arガス、Xeガスであってもよい。

【0042】

次に、高周波電源730a、730bから上部電極110及び下部電極120にそれぞれ高周波電力を供給して、エッチングガスをプラズマ化させる。 F^+ イオン、Fラジカル等のプラズマ中の活性種は、シリコン基板のシリコンと反応して、 SiF_4 等の反応生成物を生成し、シリコン基板をエッチングしてトレンチを形成する。

【0043】

以上のように本実施の形態のプラズマエッチング装置によれば、第1の実施の形態のプラズマエッチング装置と同様に、トレンチ形状に対する要求とアスペクト比に対する要求とを同時に満たすことができるプラズマエッチング装置を実現することができる。

【0044】

また、本実施の形態のプラズマエッチング装置によれば、第1の実施の形態のプラズマエッチング装置と同様に、なめらかな形状の側壁を有するトレンチを形成できるプラズマエッチング装置を実現することができる。

【0045】

また、本実施の形態のプラズマエッチング装置によれば、エッチングガスに 27MHz 以上の高周波数の電力を印加してプラズマ化し、シリコン基板をエッチングする。よって、トレンチに対するサイドエッチングの進行を抑えることができるので、本実施の形態のプラズマエッチング装置は、トレンチにサイドエッチングを生じさせず、所定形状のトレンチを形成できるプラズマエッチング装置を実現することができる。

【0046】

なお、本実施の形態のプラズマエッチング装置において、エッチングガスは、 SF_6 ガスを主成分とするとしたが、 NF_3 ガスを主成分としてもよい。

【0047】

また、本実施の形態のプラズマエッチング装置において、エッチングガスとして SF_6

ガス、 O_2 ガス及び希ガスを含む混合ガスを用い、その混合ガスに27MHz以上の高周波数の電力を印加しても同様の効果が得られる。

【産業上の利用可能性】

【0048】

本発明は、プラズマエッチング方法に利用でき、特に半導体装置のトレンチ加工に際しての半導体基板のエッチング等に利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0049】

【図1】本発明の第1の実施の形態のプラズマエッチング装置の構成を示す図である。

【図2】同実施の形態のプラズマエッチング装置におけるエッチングガスにHeガスを用いた効果を説明するための図である。

【図3A】同実施の形態のプラズマエッチング装置におけるエッチングチャンバーの内壁に絶縁性材料を用いた効果を説明するための図である。

【図3B】同実施の形態のプラズマエッチング装置におけるエッチングチャンバーの内壁に絶縁性材料を用いた効果を説明するための図である。

【図4】本発明の第2の実施の形態のプラズマエッチング装置の構成を示す図である。

【図5】He量とアンダーカットの大きさとの関係を示す図である。

【図6】所定の形状のトレンチが形成されたシリコン基板の断面図である。

【図7】サイドエッチングの生じたトレンチが形成されたシリコン基板の断面図である。

【図8A】従来のプラズマエッチング方法によるシリコン基板のエッチングを説明するための図である。

【図8B】従来のプラズマエッチング方法によるシリコン基板のエッチングを説明するための図である。

【図8C】従来のプラズマエッチング方法によるシリコン基板のエッチングを説明するための図である。

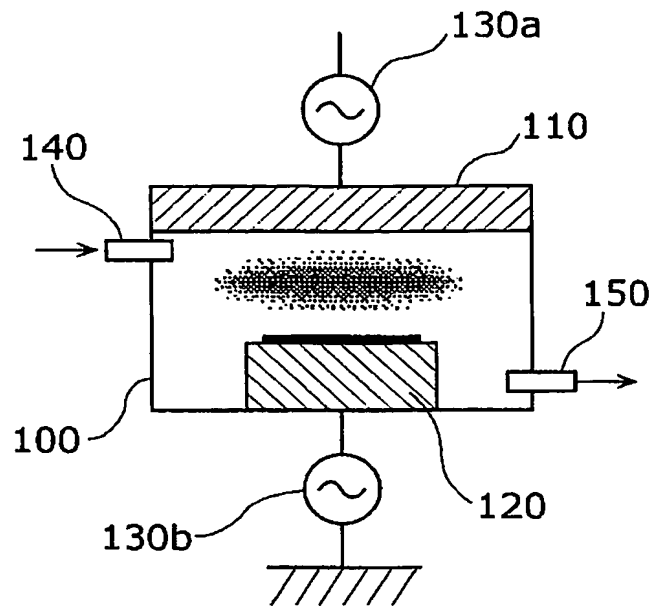
【図8D】従来のプラズマエッチング方法によるシリコン基板のエッチングを説明するための図である。

【符号の説明】

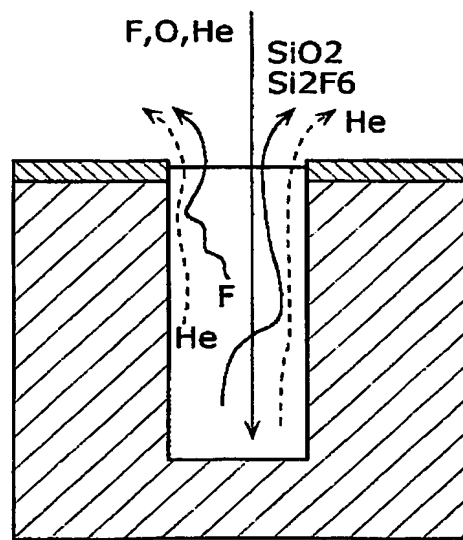
【0050】

100	エッチングチャンバー
110	上部電極
120	下部電極
130 a、130 b、730 a、730 b	高周波電源
140	ガス導入口
150	排気口
300	マスク
310	シリコン基板
320	保護膜
600	エッチングチャンバー壁
610	プラズマ
1000	アンダーカット

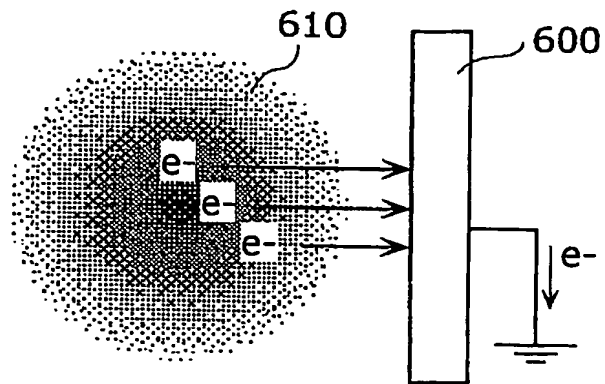
【書類名】 図面
【図 1】



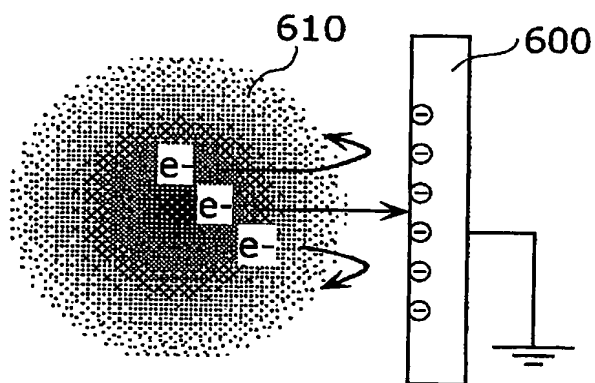
【図 2】



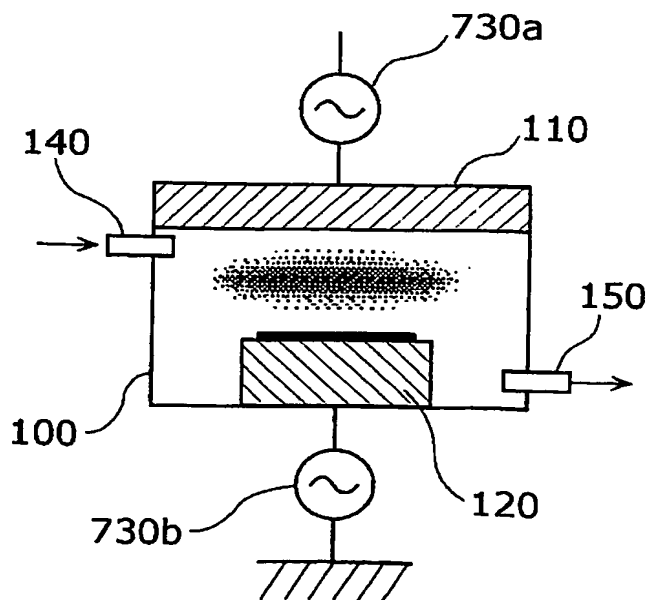
【図 3 A】



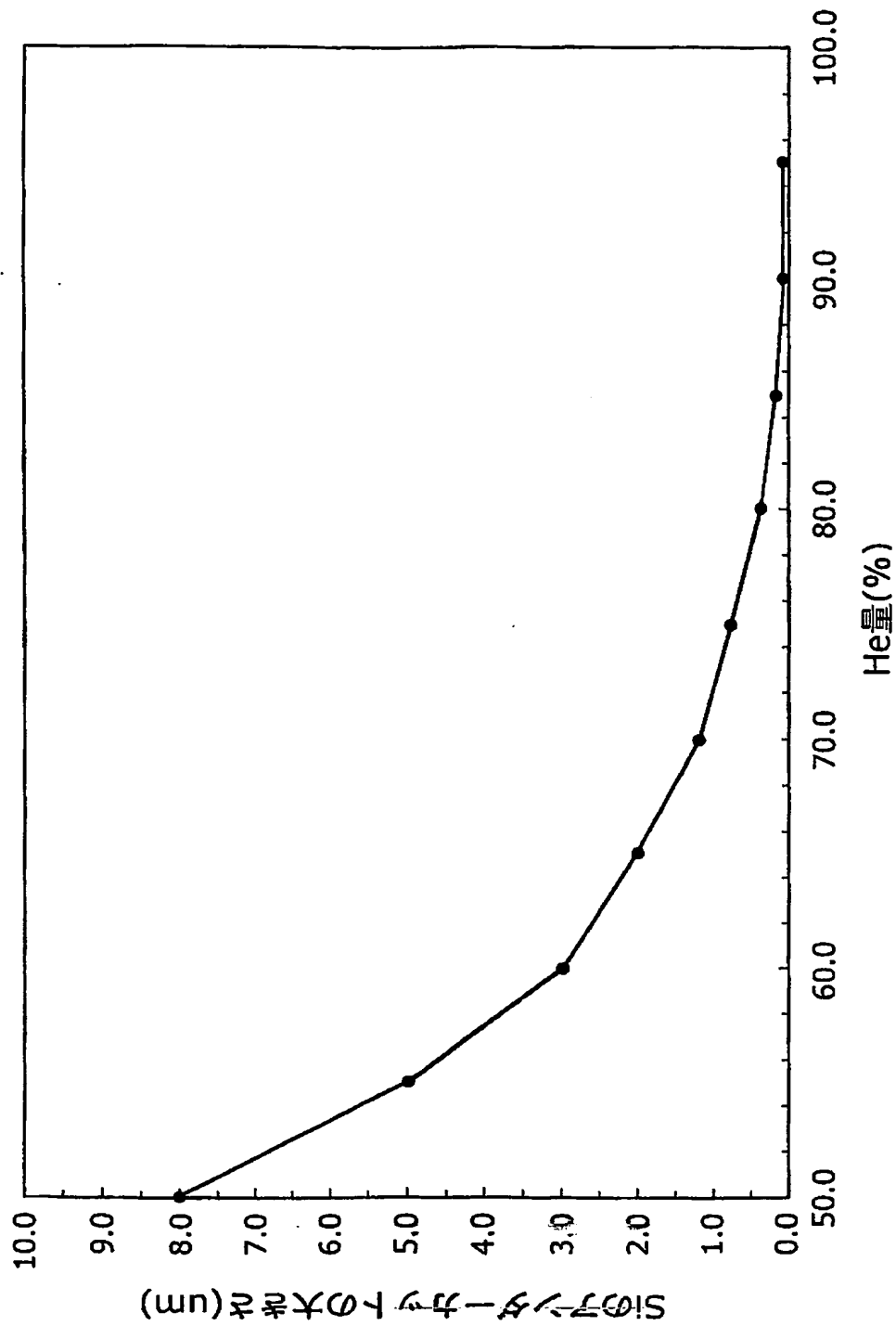
【図 3 B】



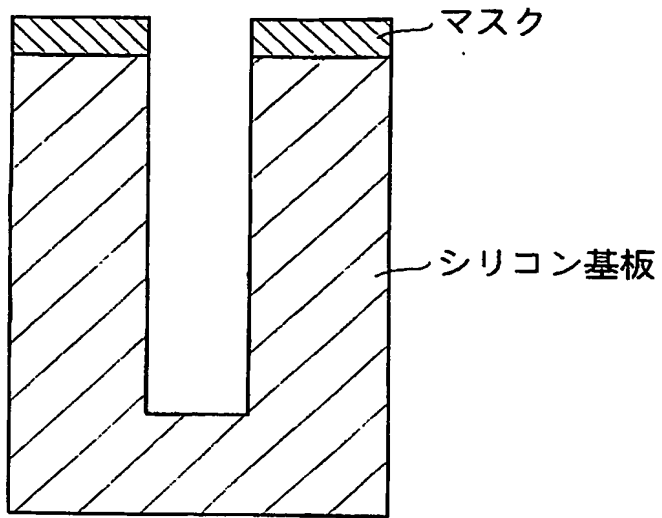
【図 4】



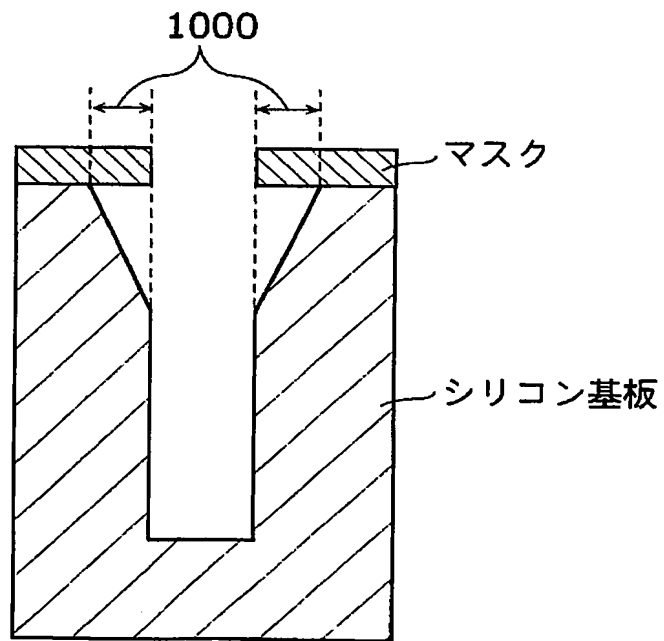
【図 5】



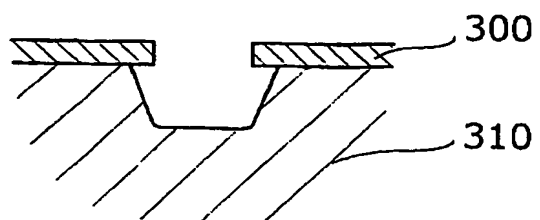
【図 6】



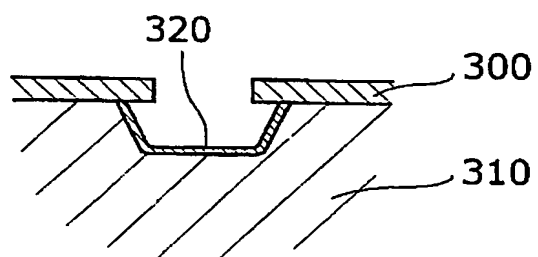
【図 7】



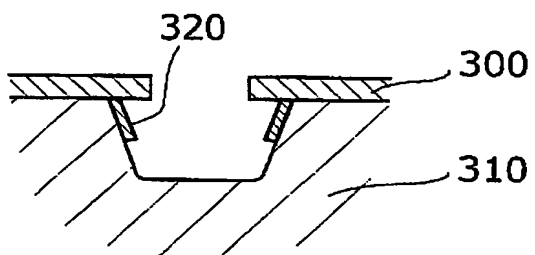
【図 8 A】



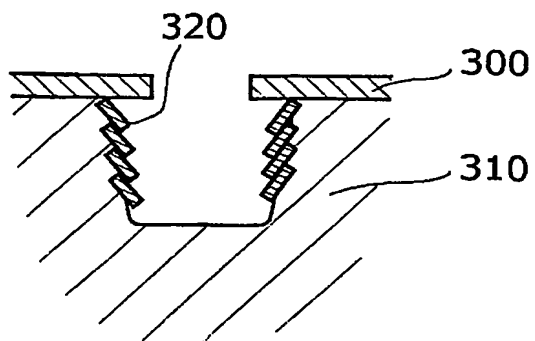
【図 8 B】



【図 8 C】



【図 8 D】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】 トレンチ形状に対する要求とアスペクト比に対する要求とを同時に満たすことができ、かつ、なめらかな形状の側壁を有するトレンチを形成できるプラズマエッチング方法を提供する。

【解決手段】 下部電極 120 上にシリコン基板を載置し、ガス導入口 140 を介してエッチングガスを供給し、排気口 150 から排気し、高周波電源 130 a、130 b から上部電極 110 及び下部電極 120 にそれぞれ高周波電力を供給してエッチングガスを ICP 法によりプラズマ化し、活性種を生成させてシリコン基板のエッチングを進行させるプラズマエッチング方法であって、エッチングガスとして SF_6 ガスを主成分とし、これに O_2 ガス及び He ガスを添加した混合ガスを用いる。

【選択図】 図 2

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2004-340752
受付番号	50402010313
書類名	特許願
担当官	鈴木 夏生 6890
作成日	平成16年12月 2日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成16年11月25日

特願 2 0 0 4 - 3 4 0 7 5 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 8 2 1]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

氏 名 松下電器産業株式会社

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP04/017622

International filing date: 26 November 2004 (26.11.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-340752
Filing date: 25 November 2004 (25.11.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 27 January 2005 (27.01.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse